

Sini-Tuulia Mäkelä

Varastointimenetelmien vaikutus broilerifileen valumahävikkiin

Opinnäytetyö

Kevät 2020

SeAMK Ruoka

Insinööri (AMK), Bio- ja elintarviketekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Ruoka

Tutkinto-ohjelma: Bio- ja elintarviketekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Liha- ja valmisruokateknologia

Tekijä: Sini-Tuulia Mäkelä

Työn nimi: Varastointimenetelmien vaikutus broilerifileen valumahävikkiin

Ohjaaja: Matti-Pekka Pasto

Vuosi: 2020

Sivumäärä: 42

Liitteiden lukumäärä: 4

Työn tavoitteena oli selvittää valumahävikin nykytila ja löytää vähemmän hävikkiä tuottava varastointimenetelmä. Lisäksi pyrittiin löytämään muita tekijöitä, jotka vaikuttavat syntyvän hävikin määrään. Työ on toteutettu Atria Suomen, Nurmon siipikarjayksikössä.

Teoriaosuudessa käydään läpi broilerin anatomiaa, lihaksen rakennetta ja toimintaa sekä kuinka teurastus vaikuttaa lihaan. Tärkeässä roolissa painumahävikin muodostumiseen ajan ja paineen lisäksi ovat vedenpidätyskyky ja pH.

Työn avulla löydettiin selkeitä korrelaatioita muuttujien ja hävikin välillä. Atria hyödyntää työtä ja sen tuloksia tuotantonsa kehittämiseen. Työn tulokset on merkitty salaisiksi.

Avainsanat: broileri, rintafilee, valumahävikki, varastointi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Food and Agriculture

Degree programme: Food Processing and Biotechnology

Specialisation: Meat and Convenience Food Technology

Author: Sini-Tuulia Mäkelä

Title of thesis: Impact of Different Storage Methods on Drip Loss in Broiler Breast Fillet

Supervisor(s): Matti-Pekka Pasto

Year: 2020

Number of pages: 42

Number of appendices: 4

The aim of this thesis was to find out how different storage methods affect drip loss in broiler breast fillet. The research was performed in Nurmo at Atria poultry manufacturing plant. While the main point was to compare different storage methods, it was important to find other significant factors that affect the drip loss.

The theory chapter consists of broiler anatomy, muscle structure and physiology and discusses how the slaughter affects the meat quality. The storage time and temperature as well as the water holding capacity and pH-value play a critical role in how the drip loss is formed.

The study revealed positive correlation between different factors and the drip loss. Atria will use the results of the research in the future. The results of the research are confidential.

Keywords: broiler, breast fillet, drip loss, storing

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo	5
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	8
2 BROILERINLIHAN VALUMAHÄVIKKIIN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ	10
2.1 Broilerin lihan ominaisuudet	10
2.2 Lihaksen rakenne.....	10
2.2.1 Lihaksen supistuminen.....	13
2.2.2 Rigor mortis ja lihan laatu.....	13
2.2.3 Vedenpidätyskyky ja pH.....	15
2.2.4 Lihan käsittely ja lämpötila varastoinnin aikana	17
3 KOKEELLINEN OSUUS	18
4 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	28
4.1 Otoskoot ja Studentin t-testi	28
4.2 Ajan ja varastointimenetelmän vaikutus hävikkiin	29
5 POHDINTAA.....	37
LÄHTEET	40
LIITTEET	43

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Luulihaksen rakenne (Andrea Bonetto, ResearchGate 2019).....	11
Kuva 2. Sarkomeeri (Wikipedia: Muscle contraction 2020)	12
<i>Kuva 3. poistettu liikesalaisuuden vuoksi.</i>	19
Kuva 4. Allasvaunu	20
<i>Kuva 5. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.</i>	20
Kuva 6. Testo 106 -lämpömittari	21
Kuva 7. Testo 205 pH- ja -lämpömittari.....	21
<i>Kuva 8. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.</i>	23
<i>Kuva 9. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.</i>	24
<i>Kuva 10. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.</i>	25
<i>Kuva 11. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.</i>	26
<i>Kuva 12. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.</i>	35
 Kuvio 1. pH:n vaikutus immobilisoidun veden määrään lihassa. (Mukaelma Barbut 2015, 17-4)	16
Kuvio 2. Ajan ja varastointimenetelmän vaikutus hävikkiin.	30
 Taulukko 1. Otokoko (n)	29
Taulukko 2. Tuloksien keskiarvojen avulla lasketut p-arvot yksinkertaistetussa muodossaan.	29
<i>Taulukko 3. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.</i>	31

<i>Taulukko 4. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.</i>	<i>31</i>
<i>Taulukko 5. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.</i>	<i>31</i>
<i>Taulukko 6. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.</i>	<i>32</i>

Käytetyt termit ja lyhenteet

Allasvaunu	Teräksinen, renkailla varusteltu liikuteltava kuljetus ja varastointi yksikkö. Ammattislangissa käytetään yleensä nimitystä molla.
Anatominen	Tässä opinnäytetyössä viitataan anatominen-sanalla anatomiseen fileeseen.
Anatominen filee	Kokonainen broilerin rintafilee ilman luita tai nahkaa.
Keskipala	Broilerin fileestä leikattu ohutleike.
Dipolimolekyyli	Molekyyllillä on sekä positiivisesti, että negatiivisesti varautuneet navat. Esimerkiksi vesimolekyylin vetyatomeilla on positiivinen varaus ja happiatomilla taas negatiivinen. (Science & Exploration: hakusana vesimolekyyli)
Molla	Ks. termi allasvaunu.
Yksikkö	Tässä työssä yksiköllä tarkoitetaan joko yhtä allasvaunua tai yhtä lihalaatikkaa.

1 JOHDANTO

Atria Chick Oy:ssä on tiedossa lähitulevaisuudessa suuria kehitystarpeita, joilla pyritään tehostamaan ja uudistamaan koko siipikarjaysikön toimintatapaa. Tämä luo muun muassa tarpeen selvittää, paljonko hävikkiä syntyy broilerifileen nykyisen allasvaunuvarastoinnin aikana. Lisäksi nykyistä varastointimenetelmää verrattiin mahdolliseen uuteen tapaan varastoida lihaa. Kyseisessä opinnäytetyössä hävikki mitattiin lihasta irronneen nesteen massana, eli kuinka paljon säilytettävästä yksiköstä puristui lihasnestettä ulos 12, 24, 48 ja 72 tunnin aikana. Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Atria Chick Oy:n kanssa ja yritys tulee hyödyntämään opinnäytetyössä kerättyä varastointidataa tulevia kehittämiskohteita suunnitellessaan, perustellessaan ja laskiessaan.

Hävikin nykytilasta pyrittiin saamaan luotettava kuva kvantitatiivisen tutkimusmenetelmän avulla. Työstä kerättiin runsaasti dataa koskien säilytysaikaa, säilytysyksikön massan vaikutusta, säilytettävää raaka-ainetta, lämpötilaa ja pH:ta. Laadullisia tutkimusmenetelmiä hyödynnettiin, kun pyrittiin selittämään teorian avulla muuttujien kuten lämpötilan ja pH:n vaikutusta hävikkiin. Toisin sanoen kirjallisia lähteitä hyödyntämällä tutkimukseen tuodaan laadullisia ominaisuuksia (Heikkilä 2014, 15). Esimerkiksi Puolanne (2013, 61) toteaa, että lihan ollessa nolla-asteista sen vedenpidätyskyky on parhaimmillaan. Vedenpidätyskykyä voidaan mitata monilla eli tavoilla ja yksi niistä on paineen eli ulkoisen voiman kohdistaminen lihaan (Barbut 2015, 17-7). Tässä työssä vedensidontakyky ja varastoinnin aikana tapahtuva puristuminen eli fysikaalisen voiman vaikutus ovat merkittävimpiä tekijöitä, koskien varastoinnin aikana syntyvää valumahävikkiä.

Teoriaosuudessa läpikäydään siis broilerin lihan ja lihan teoriaa yleisesti. Lisäksi pyritään tarkemmin tuomaan esille mitä vedenpidätyskyky on ja mitkä kaikki asiat siihen vaikuttavat. Nämä luvut antavat ymmärrystä, kuinka moni asia vaikuttaa kokeellisten tutkimusten taustalla, ja kuinka vaikeaa muuttujien hallitseminen on.

tekstiä poistettu liikesalaisuuden vuoksi.

2 BROILERINLIHAN VALUMAHÄVIKKIIN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

2.1 Broilerin lihan ominaisuudet

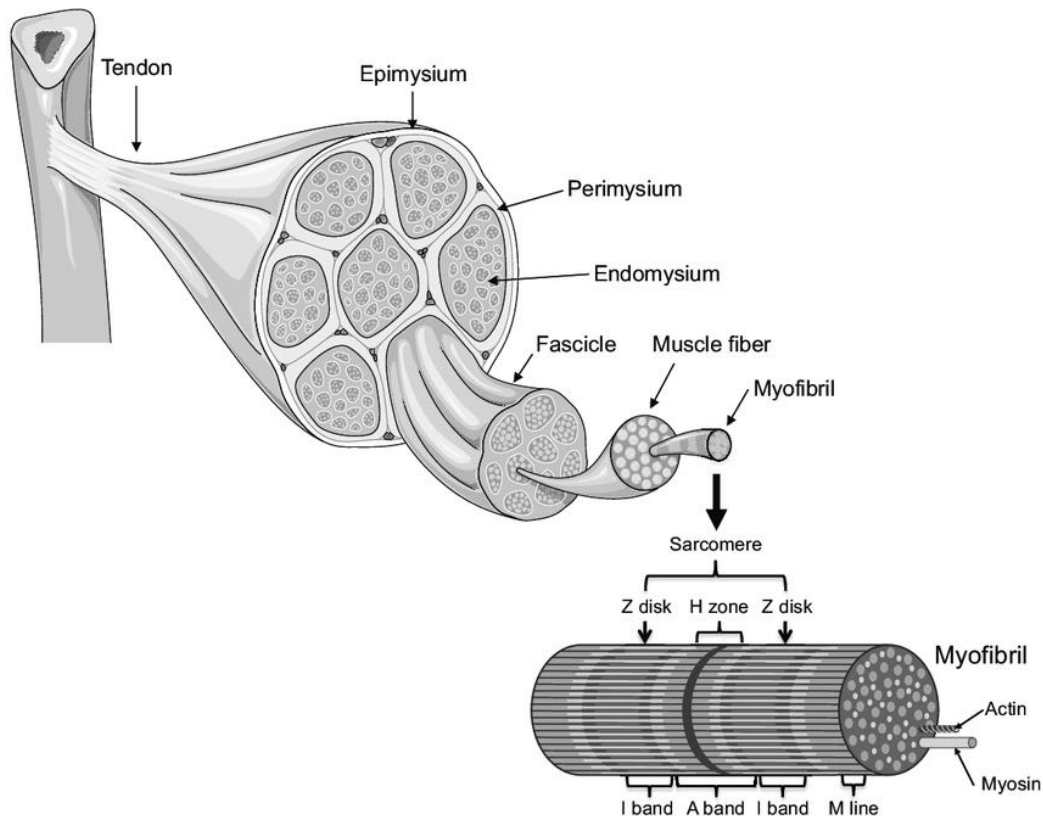
Lintueläimen ruhon rakenne poikkeaa siasta ja nautaeläimestä kevytrakenteisuu-
dellaan, joka on kehittynyt lentämistä varten. Vaikka broilerit itsessään eivät kykene
kunnolla lentämään, on niillä kuitenkin siivet, kevyt luusto ja ilmapussit, jotka kuljet-
tavat ilmaa vain yhteen suuntaan keuhkoissa. Broilerin ja kanan jalat ovat myös
hyvin kehittyneet, koska laji on kulkenut paljon maanpinnalla. (Barbut 2015, 3-1–2.)
Nykyään broilereilla jalkojen kantokyvyn merkitys on kasvanut entisestään ylävarta-
lon valtavan kasvun takia (Barbut 2015, 3-2). Lajia on jalostettu, niin että sen kas-
vunopeus ja lihasmassa ovat tuplaantuneet 50 vuodessa (Tuominen 2010, 15), var-
sinkin rintalihaksessa (Barbut 2015, 3-2).

Broilerin rintalihas koostuu ainoastaan nopeista vaaleista lihassoluista (Papinaho
1996, Tuomisen 2010, 10 mukaan). Lihan väri kertoo paljon lihasta ja sen ominai-
suuksista, niin broilerilla kuin muillakin eläimillä. Broilerin rintalihaan voidaan viitata
valkoisena tai vaaleana lihana ja reisosaan punaisena tai tummana lihana. Kuiten-
kin kokonaisuudesta puhuttaessa broilerin liha on valkoista, kun taas sian ja naudan
liha on punaista. (Barbut 2015, 3-22; Sulaiman ym. 2017, 176–177.) Vaaleat eli val-
koiset lihassolut ovat anaerobisia, mikä aiheuttaa sen, että rasituksessa siipikarjan
aerobinen energia-aineenvaihdunta vaihtuukin nopeasti anaerobiseen glykolyysiin
(Tuominen 2010, 7). Tuomisen mukaan tämä johtaa pH-arvon laskuun, joka taas
vaikuttaa lihan lopulliseen pH-arvoon, vedenpidätyskykyyn ja sitä kautta laatuun.

2.2 Lihaksen rakenne

Tässä luvussa käsitellään vain tahdonalaista lihaskudostyyppiä eli poikkijuovaista
lihaskudosta, koska vain sillä on lihateknologisesti merkitystä (Puolanne 2013, 24).
Lihaksen rakenteen aikaansaa kolme erilaista sidekudoskalvoa: epimysium, peri-
mysium ja endomysium (). Päälimmäisenä on epimysium, joka kiinnittyy lihaksen
molemmista päistä jänteeseen. Lihassykimppuja ympäröi perimysium, joka antaa

lihakselle rakenteen. Lihassykimput koostuvat lihassyysoluista, joita ympäröi endomysium. Endomysium on kiinni perimysiumissa, johon se välittää lihaksen supistumisvoiman, ja sillä on pehmeä sidekudoksesta muodostuva verkkomainen tukirakenne. Tämä supistumisvoima päättyy lopulta perimysiumin kautta jänteisiin. (Puolanne 2013, 20.)

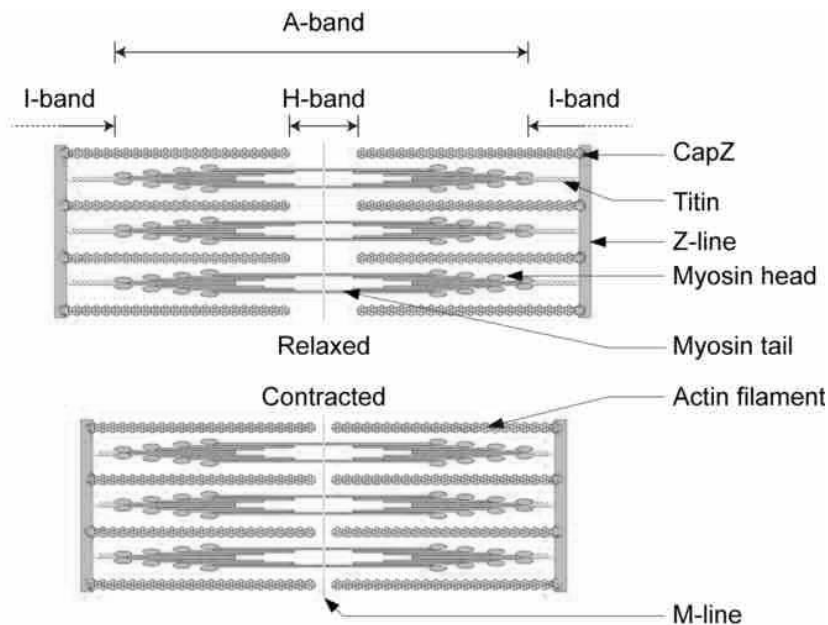


Kuva 1. Luulihaksen rakenne (Andrea Bonetto, ResearchGate 2019)

Vaikka endomysium ympäröi lihassyitä, on lihassyiden ja endomysiumin välissä vielä sarkolemmaksi kutsuttu aktiivinen solukalvo. Myofibrilleistä koostuvia lihas-syitä ympäröi sarkoplasmaattinen kalvoverkosto. Myofibrillit sisältävät paljon myofi-lamentteja, jotka taas muodostavat sarkomeerejä (kuva 1), joita on peräkkäin useita tuhansia. Sarkomeeri ja sitä myöten myofibrilli vastaavat lihaksen supistumisesta ja ovat niin sanottuja toiminnallisia yksiköitä. (Puolanne 2013, 21–22.)

Sarkomeerissa (kuva 2) on erilaisia osioita, joita ovat Z-linja, A- ja I-nauha, M-linja ja H-vyöhyke. Yksi sarkomeeri on aina Z-linjojen väli. Tummempi alue sarkomee-rissa, mikä näkyy raitana lihassyssä, on A-nauha. A-nauhan tummuus johtuu siitä, että ohut aktiinifilamentti ja paksumpi myosiinifilamentti ovat osittain päällekkäin.

Sarkomeerin supistuessa sen Z-nauhat lähentyvät toisiaan. Supistumisessa tarvittavan kalsiumin sarkomeeri saa I- ja A-nauhojen rajalla kulkevan sarkoplasmaattiseen kalvoverkostoon kuuluvan T-putken kautta. (Barbut 2015, 3-21.)



Kuva 2. Sarkomeeri (Wikipedia: Muscle contraction 2020)

Myosiinifilamentti on paksumpi kuin aktiini (Barbut 2015, 3-26). Ja kuten Puolanne (2013, 23) on ilmaissut, myosiinifilamentti koostuu raskaasta meromyosiini päästä ja kauluksesta sekä kevyestä meromyosiini varresta.

Aktiinifilamentti koostuu G-aktiinimolekyyleistä, jotka muodostavat kiertyneet F-aktiinipalloketjut. Tropomyosiinirihma ja troponiini ympäröivät aktiinifilamenttia. Tropomyosiini ympäröi aktiinifilamentin kierteistä rakennetta. Tropomyosiinissa kiinni oleva troponiini koostuu kolmesta eri troponiinin muodosta:

- C-troponiini – sitoutuu Ca^{2+} kanssa
- I-Troponiini – hylkii ATP:ta
- T-Troponiini – sitoutuu tropomyosiinin kanssa. (Barbut 2015, 3-27.)

2.2.1 Lihaksen supistuminen

Lihassupistusta on tutkittu paljon ja siitä tiedetään paljon, mutta kokonaisuudesta ei ole vielä täyttä ymmärrystä. Lihassupistus yksinkertaisuudessaan on sitä, että sarkomeerin Z-linjat lähentyvät toisiaan aktiinin ja myosiinin liukuessa sisäkkäin. Prosessi vaatii adenosinitrifosfaatiksi (ATP) kutsuttua energiaa. (Barbut 2015, 3-27.)

Jotta myosiinifilamentti voi lähentyä kohti Z-linjaa, taipua ja tarttua kiinni aktiiniin, se tarvitsee käskyn aivoilta. Tämä käsky kulkeutuu aivoista hermoston kautta hermon motoriselle päätelevylle lihassyhyyn. Hermokäsky vapauttaa asetyylikoliinin motoriselta päätelevyltä, mikä lisää natriumionien kulkua solukalvon läpi lihassyhyyn. Tätä natriumionien virtausta kutsutaan aktiopotentiaaliksi eli depolarisaatioksi, ja se päättyy lopulta sarkolemmassa olevaa T-putkea pitkin sarkomeeriin. Näin syntyy lihassupistus, koska aktiopotentiaali vapauttaa kalsiumin sarkoplasmaattisesta kalvoverkostosta. (Puolanne 2013, 28.)

Vapautuneet kalsiumionit kiinnittyvät troponiinin kanssa ja troponiini vääntää tropomyosiinia paljastaen aktiinin aktiivisia kohtia. Näin myosiini pääsee reagoimaan aktiinin kanssa. Kun myosiini on kiinnittynyt aktiiniin, myosiinin päässä oleva ATP pilkkoutuu ADP:ksi ja fosfaatiksi ja myosiini taipuu. Tämä taipuminen lyhentää sarkomeeria ja limittää aktiinia ja myosiinia. (Barbut 2015, 3-29.) Jos ATP:tä ja kaliumia on saatavilla, myosiini irtoaa aktiinista ja kiinnittyy seuraavaan vapaaseen aktiiviseen kohtaan supistaen sarkomeeria entisestään (Puolanne 2013, 28). Mikäli ATP:tä ei ole tarjolla myosiini ja aktiini pysyvät toisiinsa kiinnittyneinä ja tästä alkaa kuolonkankeus (Barbut 2015, 3-28).

2.2.2 Rigor mortis ja lihan laatu

Teurastuksessa veren valuttaminen pysäyttää kommunikaation lihaksien ja muiden elinten välillä (Barbut 2015, 3-31). Punasolut kuljettavat happea elimistössä, joten kun veri valutetaan, myös hapen saanti loppuu (Barbut 2015, 3-31). Lihaksen perusaineenvaihdunta kuluttaa siis koko ajan ATP:tä ja kun sen pitoisuus laskee, energiantuotanto vaihtuu anaerobiseksi, jotta lihakset saisivat yhä ATP:tä (Puolanne

2103, 31). Keho, solut ja elimistö eivät siis vielä tiedä, että eläin on kuollut. Anaerobista energian tuotantoa voidaan hyödyntää vain lyhyen aikaa, koska sen sivutuotteena syntyy maitohappoa. Maitohappo täytyy kuljettaa maksaan, jossa siitä tulee glukoosia tai sydämeen, missä siitä tulee vettä ja hiilidioksidia. Koska tätä kulkeutumista ei tapahdu verenlaskun jälkeen, varastoituu maitohappo lihakseen, kunnes suurin osa lihakseen varastoituneesta glykogeenistä on kulutettu. Maitohappo ja sen määrä vaikuttavat osaltaan lihan pH-arvoon. (Barbut 2015, 3-31; Puolanne 2013, 31.)

Siipikarjan rintalihaksen pH-arvo laskee kuoleman jälkeen kaksi kertaa nopeampaa kuin naudalla tai sialla (Aberle ym. 2012, Barbutin 2015, 3-33 mukaan). Tähän on syynä korkea fosforylaasiaktiivisuus siipikarjan lihaksissa (Ylä-Ajos 2006, 50), joka ennakoii korkeaa glykolyyttistä aktiivisuutta eli nopeaa pH:n laskua (Ylä-Ajos 2006, 57). Broilerilla kuolonkankeus eli rigor mortis alkaa siis noin puolesta tunnista tuntiin teurastuksen jälkeen (Puolanne 2013, 31).

Normaalissa pH-arvon laskussa broilerin lihan pH laskee neutraalista suunnilleen arvoon 5,8 (Barbut 2015, 3-33). Lopullisen pH-arvon kannalta on suuri merkitys, miten lintuja on käsitelty ja kuinka ne ovat käyttäytyneet ennen teurastusta. Jos lintu on ollut pitkällä aikavälillä stressaantunut, ovat sen glykogeenivarastot ehtyneet. Tämä johtaa siihen, että maitohapon muodostuminen on vähäistä ja lopullinen pH-arvo jää korkeaksi. Lihaa, jonka loppu pH-arvo on korkea, kutsutaan DFD lihaksi eli tummaksi kovaksi ja kuivaksi. Vastakohta DFD lihalle on PSE liha, joka tarkoittaa vaaleaa, pehmeää ja vetistä. Voimakas stressi hieman ennen teurastusta, yhdistettynä nopeaan pH-arvon laskuun teurastuksen jälkeen lihan ollessa vielä lämmintä, aiheuttaa PSE lihaisuutta. (Barbut 2015, 3-31.) Tämä yhdistelmä voi aiheuttaa proteiinien denaturoitumista osittain (Honikel ja Kim 1986; Offer 1991, Dransfield 1994b, Tuomisen 2010, 13 mukaan). Denaturoituminen eli lihan kypsyminen aiheuttaa sen, että proteiinien rakenteet rikkoutuvat ja lihan sisällä oleva vesi pääsee vapautumaan lihasta eli lihan vedenpidätyskyky heikkenee. Tämä vapautunut vesi aiheuttaa myös vaalean värin, koska valo heijastuu siitä takaisin. (Barbut 2015, 3-33.)

Teurastuksesta seuraa siis aina rigor mortis. Sen muodostumiseen vaikuttavat samat asiat kuin lopullisen pH-arvonkin muodostumiseen: tainnutusmenetelmä, lämpötila sekä glykogeenin, kreatiinfosfaatin ja muiden energiavarastojen tila (Barbut

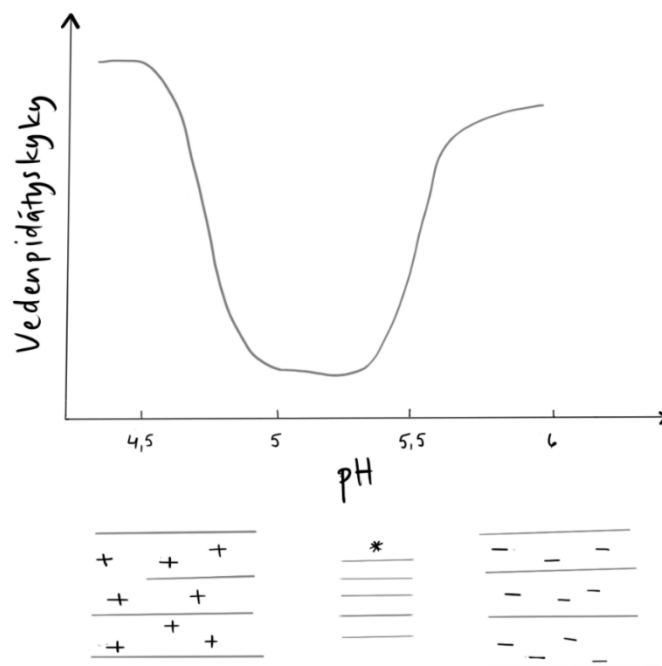
2015, 3-34). Dunn ym. (1993) mukaan sarkoplasmaattinen kalvoverkosto ei pysty enää tehokkaasti eristämään kalsiumia pH:n laskettua alle 6,3 (Barbut 2015, 3-34), Puolanteen (2010, 31) mukaan pH-arvo olisi vastaavasti 6,0. Kalsiumin pitoisuus filamentissa siis kohoaa ja näin suurempi osa myosiinipäistä pääsee sitoutumaan aktiinin kanssa, ATP:n avustuksella. Lihas alkaa supistua. Nämä muutokset tapahtuvat rigor mortiksen alkuvaiheessa. Kuolonkankeuden loppuvaiheessa, kaikki aktiini- ja myosiinifilamentit ovat sitoutuneet toisiinsa eli muodostaneet aktomyosiinidoksia. Lihas on tällöin täysin supistunut, venymätön ja jäykkä. Lihaksesta tulee kuitenkin jälleen joustava proteolyyttisten entsyymien avulla, jotka rikkovat sarkomeerin komponentteja. (Barbut 2015, 3-34.)

Suomessa yleisin broilerin teurastusmenetelmä on hiilidioksiditainnutus (Puolanne 2013, 50). Teurastuksessa on merkitystä, tainnutetaanko lintu sähköllä vai hiilidioksidilla. Lihan pH on korkeampi sähköisen tainnutuksen jälkeen ja sen tiedetään myös estävän rigorin kehittymistä sekä hidastavan glykolyysiä jopa kuusi tuntia. (Papinaho ja Fletcher 1995, Barbutin 2015, 8-15 mukaan.) Vaikka kaasulla tainnutaminen aiheuttaa enemmän kouristuksenomaisia siiven liikkeitä ja tätä kautta nopeampaa pH-arvon laskua kuoleman jälkeen (Raj 2006, 481; Barbut 2015, 8-15), niin asettuu pH kuitenkin kahdeksan tunnin jälkeen molemmissa tainnutustavoissa samaan pH-arvoon 6,0. Hiilidioksiditainnutuksessa päästään pienempään hävikkiin veden osalta, kuin päähän kohdistuvalla sähkötainnutuksella (Raj 2003, Barbutin 8-15 mukaan). Myös Satu Tuominen (2010, 7) toteaa gradussaan Van Hoofiin 1979, Barbutiin 1993 ja Rathgeberiin ym. 1999 viitaten, että tainnutuskäsittely vaikuttaa lihan laatuun, esimerkiksi mureuteen, makuun, väriin, vedensidontakykyyn ja saantoon.

2.2.3 Vedenpidätyskyky ja pH

Vedenpidätyskyky määritellään sillä, kuinka hyvin liha pystyy pidättämään omaa tai lisättyä vettä ulkoisia voimia kuten varastointia, prosessointia ja kuljetusta vastaan (Warner 2017, 419–420). Lihassa on vettä yhteensä 75 %, josta 12 prosenttiyksikköä on sitoutunutta vettä, 55–60 prosenttiyksikköä immobilisoitunutta vettä ja 3–8

prosenttiyksikköä vapaata vettä. (Puolanne 2013, 35.) Veden eri muodoista ja niiden määristä lihassa on poikkeavuuksia lähteestä riippuen. López-Bote (2017, 107) ilmoittaa sitoutuneen veden määräksi 13 %, koko lihan sisällä olevan veden määrästä laskettuna. Hänen mukaansa sitoutunut vesi kestää hyvin kuumennusta ja pakastamista, koska se on kiinnittynyt tiukasti proteiineihin. Suurin osa lihassa olevasta vedestä, jopa 85 %, on kuitenkin immobilisoitunutta vettä. Immobilisoitunut vesi sijaitsee ohuiden ja paksujen filamenttien välissä, jonne se on pidättynyt kapillaarivoimien ansiosta. Lopullinen pH vaikuttaa immobilisoidun veden määrään lihassa. Sillä pH:n ollessa lähellä isoelektristä pistettä 5,5 (Kuvio 1) myofibrillien välinen tila on pienimmillään, eli vedelle on vähiten tilaa. (López-Bote 2017, 107.) Barbutin (2015, 17-5) mukaan Zayas (1996) taas ilmoittaa isoelektrisen pisteen olevan keskiarvoksi muunnettuna 5,1 koska myosiinin isoelektrinen piste on 5,4 ja aktiinin 4,7.



Kuvio 1. pH:n vaikutus immobilisoidun veden määrään lihassa. (Mukaelma Barbut 2015, 17-4)

Kuten edellisessä kappaleessa todettiin ja kuviosta 1 nähdään, pH-arvoa muuttamalla voidaan vaikuttaa vedenpidätyskykyyn. Huono vedenpidätyskyky isoelektrisessä pisteessä selittyy pääosin nettovarauksen, steerisen esteen ja ioninvaihdon avulla. (Aberle ym. 2001, Barbutin 2015, 17-4–5 mukaan.) Isoelektrisessä pisteessä

proteiinin nettovaraus on lähellä nollaa (Barbut 2015, 13-33). Vesi on dipolimolekyyli, jonka takia vedellä ja varautuneilla ryhmillä on keskenään sähköinen veto-voima (Matarneh ym. 2017, 175). Koska isoelektrisessä pisteessä nettovaraus on lähellä nollaa, ei vedellä ole tarpeeksi varauksia mihin kiinnittyä (Barbut 2015, 17-5). Lisäksi nettovarauksen aikana myofilamentit pakkautuvat lähemmäs toisiaan, sähkövarausten takia, mikä jättää vedelle vähemmän tilaa (Matarneh 2017, 176).

2.2.4 Lihan käsittely ja lämpötila varastoinnin aikana

Lihan vedenpidätyskyky vaikuttaa siis lihasta irtoavaan valumahävikkiin eli valumaan. Ja vaikka pakattavaan tuotteeseen saataisiin lisättyä paljon nestettä tai neste saataisiin pidettyä mekaanisen liikkeen avulla lihassa, ei se välttämättä pysy tuotteen sisällä kuluttajalle asti. Tämä vaikuttaa taas laatuun ja mielikuvaan tuotteista. Warnerin (2017, 429) mukaan varsinkin lihojen leikkaaminen vaikuttaa hävikkiin, koska nesteen on helpompi valua leikatulta pinnalta eli rikkoutuneista solurakenteista. Hänen mukaansa myös lihan käsittelykerrat ja paineen vaihtelut aiheuttavat puristusta lihaan, mikä edesauttaa valumaa. Lihassyyn leikkaaminen pitkittäis suunnassa aiheuttaa myös vähemmän valumaa kuin sen leikkaaminen poikittaissuunnassa (McMillin 2008, Warner 2017, 429 mukaan).

Vaihtuvat tai kohollaan olevat säilytyslämpötilat kasvattavat valumaa (Warner 2017, 429). Warnerin (2017, 429) mukaan Hertog-Meischke ym. (1998) osoitti, että valumahävikkiä syntyi enemmän, kun lihoja säilytettiin kolmessa asteessa verrattuna nollassa asteessa säilytettyihin lihoihin. Todettiin myös hävikin kasvavan, jos säilytyslämpötilaa nostettiin nollasta kymmeneen asteeseen ja nopeinta valumahävikin kasvu oli viiden ja kymmenen asteen välillä (O’Keeffe ja Hood 1981, Warner 2017, 429 mukaan).

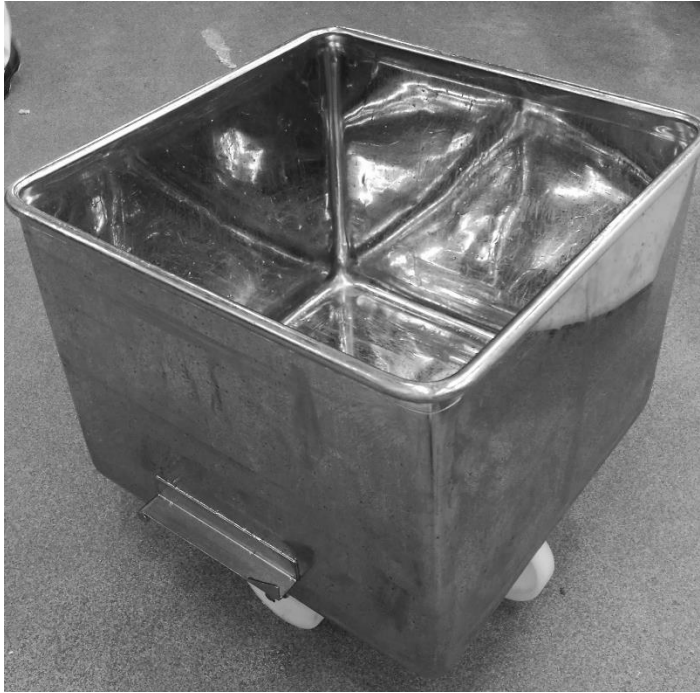
3 KOKEELLINEN OSUUS

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

Kuva 3. poistettu liikesalaisuuden vuoksi.

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.



Kuva 4. Allasvaunu

Kuva 5. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.



Kuva 6. Testo 106 -lämpömittari



Kuva 7. Testo 205 pH- ja -lämpömittari

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

Kuva 8. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

Kuva 9. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

Kuva 10. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

Kuva 11. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

4 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

4.1 Otoskoot ja Studentin t-testi

Taulukosta (Taulukko 1) nähdään otoskokojen vaihtelevan välillä 17 ja 23. Yhteensä yksittäisiä mittauksia kertyi yli 300. Kokeen tulokset antavat pääsääntöisesti tilastollisesti luotettavan kuvan hävikin muodostumisesta ajan, varastointitavan ja leikkuutavan mukaan (*tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi*).

Taulukko 2, **Virhe. Viitteen lähde ei löytynyt., Virhe. Viitteen lähde ei löytynyt., Virhe. Viitteen lähde ei löytynyt. ja Virhe. Viitteen lähde ei löytynyt.** Tutkitaan Studentin t-testin avulla, että eroavatko vertailtavien otosten valumahävikkien keskiarvot tilastollisesti toisistaan (Microsoft Excel: hakusana t.test, 2020). T-testin antama p-arvo on todennäköisyys sille, että otosten keskiarvot ovat samat. Mainituissa taulukoissa on t-testien avulla lasketut p-arvot. *tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi*.

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

Taulukko 1. Otokoko (n)

aika	anatominen		keskipala	
h	laatikko	molla	laatikko	molla
12	20	17	22	17
24	23	20	23	20
48	20	20	22	20
72	22	19	22	19

4.2 Ajan ja varastointimenetelmän vaikutus hävikkiin

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

Taulukko 2. Tuloksien keskiarvojen avulla lasketut p-arvot yksinkertaistetussa muodossaan.

Taulukko 2. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

Kuvio 2. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

Kuvio 2. Ajan ja varastointimenetelmän vaikutus hävikkiin.

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

Taulukko 3. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

Taulukko 4. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

Taulukko 5. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

Taulukko 6. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

Kuva 12. poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

5 POHDINTAA

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

LÄHTEET

- Aberle, E.D., Forrest, J.C., Gerrard, D.E. & Mills E.D. 2012. Principles of Meat Science. Kendall/Hunt Publ. Dubuque, IA.
- Barbut S. 1993. Colour measurements for evaluating the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey meat. Food Research International: vol 26, 39–43.
- Barbut, S. 2015. The Science of Poultry and Meat Processing. [Verkkójulkaisu]. Ontario: University of Guelph. [Viitattu 4.11.2019]. Saatavana: <http://download.poultryandmeatprocessing.com/v01/SciPoultryAndMeatProcessing%20-%20Barbut%20-%20v01.pdf>
- Bonetto, A. 2019. [Kuvio]. ResearchGate: 3 muscle organization. [Viitattu 4.5.2020]. Saatavana: https://www.researchgate.net/figure/Muscle-organization-The-muscles-are-attached-to-bones-at-each-end-by-tendons-Tendons_fig1_331309398
- Dransfield E. 1994. Modelling post-mortem tenderization. V. Inactivation of calpains. Meat Science: vol 37, 391–409.
- Heikkilä, T. 2014. Tilastollinen tutkimus. 9. uud. p. Porvoo: Edita Publishing Oy
- Hertog-Meischke, M.J.A., Smulders, F.J.M. & Van Logtestijn, J.G. 1998. The effect of storage temperature on drip loss from fresh beef. Journal of the Science of Food and Agriculture: vol 78, 522–526.
- Honikel K.O. & Kim C-J. 1986. Causes of the development of PSE Pork. Fleisch Wirtsch: vol 66, (3):349–53.
- López-Bote, C. 2017. Chemical and Biochemical Constitution of Muscle. Teoksessa: F. Toldrá (ed.) Lawrie's Meat Science. Cambridge: Woodhead Publishing. 8th edition, 99–150.
- McMillin, K. W. 2008. Where is MAP Going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat. [Verkkokirja]. Meat Science: vol 80, 43–65. [Viitattu 16.5.2020]. Vaatii käyttöoikeuden.
- Microsoft Excel. T.test function. 2020. [Verkkosivu]. [Viitattu 19.5.2020]. Saatavana: <https://support.office.com/en-us/article/t-test-function-d4e08ec3-c545-485f-962e-276f7cbcd055?ui=en-US&rs=en-US&ad=US>
- Offer G. 1991. Modelling of the Formation of Pale, Soft and Exudative Meat: Effects of Chilling Regime and Rate and Extent of Glycolysis. Meat Science: vol 30, 157–84.

- O'Keeffe, M. & Hood, D.E. 1981. Anoxic storage of fresh beef. 2: colour stability and weight loss. *Meat Science*: vol 5, 267–281.
- Papinaho, P.A. & Fletcher, D.L. 1995. Effects of stunning amperage on broiler breast muscle rigor development and meat quality. [Verkkojulkaisu]. *Poultry Science*: vol 74, 1527–1532. [Viitattu 16.5.2020]. Saatavana: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119455259?via%3Dihub>
- Puolanne, E. 2013. Liha ja lihavalmisteet: ETT121-kurssin luentomoniste. [Verkkojulkaisu]. Seinäjoen Ammattikorkeakoulun Moodle: Lihatuotteiden kehittäminen MKBieli17. [Viitattu 4.11.2020]. Vaatii käyttöoikeuden.
- Raj, A.B.M. 2003. A critical appraisal of electrical stunning in chickens. *World's Poultry Science Journal*: vol 59, 89–98.
- Raj, A.B.M. 2006. Recent developments in stunning and slaughter of poultry. [Verkkojulkaisu]. United Kingdom: University of Bristol, School of Clinical Veterinary Science. Langford BS40 5DU. [Viitattu 17.5.2020]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/259369864_Recent_developments_in_stunning_and_slaughter_of_poultry
- Rathgeber B.M., Boles J.A. & Shand P.J. 1999. Rapid Postmortem pH Decline and Delayed Chilling Reduce Quality of Turkey Breast Meat. *Poultry Sci* 78(3):477–84.
- Sulaiman, K., Matarneh, S. K., England, E. M., Scheffler, T. L. & Gerrard, D. E. 2017. The Conversion of Muscle to Meat. Teoksessa: F. Toldrá (ed.) *Lawrie's Meat Science*. Cambridge: Woodhead Publishing. 8th edition, 159–182.
- Taanila, A. 27.4.2016. Akin menetelmäblogi: SPSS: Kahden riippuvan otoksen vertailu. [Blogikirjoitus]. [Viitattu 2.5.2020]. Saatavana: <https://tilastoapu.wordpress.com/tag/parittainen-t-testi/>
- The European Space Agency. Science & Exploration: Pisara Vettä. [Verkkosivu]. [Viitattu 19.5.2020]. Saatavana: https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Lessons_online/Pisara_vettae
- Tuominen, S. 2010. Kahden erityyppisen tainnutuskaasun (CO₂ ja N₂) soveltuvuus kalkkunoiden tainnutukseen pienteurastamoissa lihan laadun näkökulmasta. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Helsingin yliopisto. Maatalous-metsätieteellinen, Elin-tarvike- ja ympäristötieteiden laitos. EKT-sarja 1483. Maisterin tutkielma. [Viitattu 9.5.2020]. Saatavana: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/18026/Tuominen_Satu_gradu_14_09.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Van Hoof J. 1979. Influence of ante- and peri-mortem factors on biochemical and physical characteristics of turkey breast muscle. *Vet Quarterly* 1(1):29-36

Warner, R. D. 2017. The Eating Quality of Meat–IV Water-Holding Capacity and Juiciness. Teoksessa: F. Toldrá (ed.) Lawrie's Meat Science. Cambridge: Woodhead Publishing. 8th edition, 419–453.

Sarcomere. [Kuvio]. Wikipedia: Muscle contraction. [Viitattu 18.5.2020]. Saatavana: <https://de.wikipedia.org/wiki/Muskelkontraktion#/media/File:Sarcomere.svg>

Ylä-Ajos, M. 2006. Glycogen Debranching Enzyme Activity in the Muscles of Meat Producing Animals. [Verkojulkaisu]. Helsinki: University of Helsinki, Department of Food Technology. EKT-sarja 1363. Väitöskirja. [Viitattu 17.5.2020] Saatavana: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/20823/glycogen.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

LIITTEET

Liite 1. Kokeellisen osuuden aikataulu

Liite 2. Tutkimuslomake

Liite 3. Anatomisen (ylhäällä) ja keskipalan (alhaalla) fileen painumahävikki ajan funktiona. *tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.*

Liite 4. Studentin t-testin tarkat p-arvot.

Liite 1. Kokeellisen osuuden aikataulu

kuvio poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

Liite 2. Tutkimuslomake

molla	paino kg 0 vrk	paino kg 2 vrk	lämpötila 0 vrk	lämpötila 2 vrk	pH 0 vrk	pH 2 vrk	tila
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Liite 3. tekstiä poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

kuvio poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

kuvio poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

Liite 4.Studentin t-testin tarkat p-arvot.

taulukko poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.

taulukko poistettu liikesalaisuuksien vuoksi.